

## PENENTUAN BEBAN KERJA FISILOGI PADA WANITA PEKERJA INDUSTRI (Studi Kasus Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum di Ambon)

Aminah Soleman<sup>\*)</sup>

### Abstract

Increasing the productivity is important for the industry advancement in indoneisa which a labor intensive industry The worker productivity will increase if the workload does not exceed the work capacity. This research main is to determine aerobic capacity and to developed prediction equation for oxygen consumption of industrial workers women by finding relationship between heart rate, anthropometric variables, and demographic variable in order to estimate energy expenditure. Fifteen women workers aged 20-25 years participated in this research to find maximum physical capacity using maximal test protocol and to develop prediction equation of energy consumption using submaximal test protocol. Another 20 women workers aged 20-25 years participated to validate the equation. The equation obtained using multivariate linear regression The results indicate of this studi had a maximum aerobic capacity ( $VO_{2max}$ ) for industrial worker women is 2,5 liter/menit (SD = 0.69). Prediction Equation Model of Oxygen consumption resulted from this study is  $VO_2 = 0.012HR + 0.018TB - 3.377$  Where  $VO_2$  = Oxygen consumption (liter/min),  $HR$  = Heart Rate (beat/min),  $TB$  = Body Height (cm);  $R^2 = 0.598$ ,  $adjR^2 = 0.579$

**Keyword :** *oxygen consumption, maximum aerobic capacity, energy expenditure*

### I. PENDAHULUAN

Pekerjaan yang membutuhkan fleksibilitas yang tinggi, penggunaan manusia secara fisik tidak dapat dihindarkan, karena kemampuan manusia tidak terbatas hanya pada satu pekerjaan saja. Permasalahan muncul apabila beban pekerjaan (*demand*) dan kapasitas manusia (*capability*) yang tidak seimbang, hal ini sangat beresiko besar terjadinya kelelahan kerja dan pada akhirnya akan terjadi kesalahan kerja atau kecelakaan kerja. Oleh karena itu dalam mendesain suatu pekerjaan dan peralatan kerja perlu memperhatikan *demand* dan *capability* manusia. Astrand dan Rodahl (2003) menjelaskan bahwa agar *demand* tidak melebihi kapasitas kerja manusia adalah dengan mengetahui berat ringannya beban kerja dan mengukur aktivitas kerjanya. Pendekatan yang digunakan adalah dengan menggunakan indikator konsumsi oksigen ( $VO_2$ ). Christensen (1991) dan Grandjen (1993) merekomendasikan salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja adalah dengan menghitung denyut jantung, konsumsi oksigen, kapasitas ventilasi paru dan suhu inti tubuh. Referensi lain juga menjelaskan untuk mengukur aktivitas kerja manusia adalah mengukur berapa besar tenaga yang dibutuhkan seseorang untuk melakukan pekerjaannya (Sutalaksana, 2006). Caranya dengan melihat kriteria fisiologisnya, yaitu dengan melihat perubahan fungsi alat-alat tubuh selama

bekerja, yang meliputi denyut jantung, tekanan darah, output kardiak, ventilasi pulmonary, konsumsi oksigen, produksi karbondioksida, komposisi kimia dalam darah dan urin, suhu tubuh, dan tingkat pernafasan (Brouha, 1967).

Pengukuran pengeluaran energi metabolisme (*metabolic energy expenditure*) merupakan suatu pendekatan untuk mengukur kapasitas kerja fisik manusia karena besaran energi yang dikeluarkan diakibatkan oleh adanya kontraksi otot yang merupakan fungsi dari penggunaan oksigen. Menurut (McCormick, 1993; Kroemer, 1994; Astrand dan Rodahl, 2003; Wickens, 2004; Firstbeat Technologies, 2007) menyatakan bahwa konsumsi oksigen ( $VO_2$ ) merupakan variabel yang paling akurat untuk mengevaluasi intensitas aktivitas aerobik. Setelah diketahui nilai konsumsi oksigen seseorang dalam melakukan suatu pekerjaan, nilai pengeluaran energinya dapat diketahui dengan melakukan konversi. Konversi yang umum digunakan adalah pengeluaran energi sebesar 5 kkal (4,7 – 5,05 kkal) setiap liter oksigen yang dikonsumsi (Astrand dan Rodahl, 2003). Referensi lain menyebutkan bahwa setiap liter oksigen yang dikonsumsi maka rata-rata energi yang dikeluarkan adalah 4.8 kkal (Wickens et, al., 2004). Cara untuk mengukur konsumsi oksigen yaitu dengan melakukan eksperimen di laboratorium, dimana responden diminta untuk melakukan pekerjaan fisik, misalnya

<sup>\*)</sup> *Aminah Soleman ; Dosen Program Studi Teknik Industri Fak Teknik Unpatti*

dengan menggunakan sepeda ergometer, *treadmill*, atau *steps* (Kromer, 1997)

Panduan ergonomi diperlukan untuk mengevaluasi kebutuhan beban kerja agar tidak melebihi dari kapasitas dan kemampuan pekerjaanya. Hal ini dibuktikan bahwa dengan adanya peningkatan konsumsi oksigen seseorang berarti meningkat pula beban kerja fisiknya. Jika beban kerja seseorang sekitar 30%-40% dari kapasitas aerobik maksimal ( $VO_2\max$ ) maka dia dapat mempertahankan pekerjaannya selama 8 jam kerja tanpa kelelahan yang berarti (Åstrand dan Rodahl, 1986 dalam Iridiastadi, 1997). Selain itu Sanders dan McCormick (1993); Wickens et al, (2004) juga menyatakan bahwa energi ekspenditur yang disarankan untuk bekerja 8 jam per hari adalah sebesar 33% dari kapasitas aerobik maksimumnya. Tetapi jika beban kerja fisiknya melebihi 50%  $VO_2\max$  maka dia hanya dapat mempertahankan pekerjaannya hanya beberapa jam atau beberapa menit saja (Asfour et.al., 1988). Maksimum oksigen yang dikonsumsi oleh seseorang selama melakukan pekerjaan fisiknya disebut  $VO_2\max$  (Astrand et.al., 2003).

Beberapa literatur (Astrand dan Rodahl, 2003; Kroemer, 1997; Wickens, 2004; McCormick, 1993) membuktikan bahwa korelasi konsumsi oksigen memiliki hubungan linier dengan denyut jantung. Selain dengan pengukuran langsung, konsumsi oksigen dapat diestimasi berdasarkan denyut jantung, maka dalam memprediksi pengeluaran energi dapat diketahui melalui banyaknya konsumsi oksigen dan denyut jantung.

Berdasarkan data badan statistik, perkembangan perusahaan industri saat ini sebagian besar didominasi oleh pekerja industri wanita, ini dibuktikan melalui laju pertumbuhan angkatan kerja wanita pada periode 2003-2010 yaitu dari 38.6 juta orang pada tahun 2003 menjadi 44.6 juta orang pada tahun 2010. Laju pertumbuhan tercatat sebesar 2.08% per tahun. Ini menunjukkan pola perkembangan angkatan kerja wanita menunjukkan kecenderungan meningkat dan laju peningkatan angkatan kerja wanita umumnya relative besar, yang mana secara fisiologis wanita sangat rentan terjadi *fatigue*, karena secara fisik wanita membutuhkan energi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kebutuhan energi pria. Pulat, (1992) menjelaskan bahwa jumlah kebutuhan energi tergantung pada beberapa faktor, misalnya kondisi fisik tubuh, intensitas aktivitas, usia, jenis kelamin, postur dan berat badan. Wanita membutuhkan energi sebesar 2500–3000 kkal per hari, sedangkan energi yang dibutuhkan untuk pria sebesar 3000-3500 kkal per hari.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih dalam penelitian ini yaitu beberapa Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang meliputi :SPBU Wayame, SPBU Lateri, Passo, Tulehu dan SPBU Kebun Cemgkeh.

### 2.2 Tahapan Penelitian

- a. Tahap Persiapan (survey awal) yaitu wawancara dengan responden dan pembagian kuisioner penelitian mengenai penentuan responden yang akan dijadikan sebagai sampel dalam pengambilan data denyut jantung untuk penentuan persamaan prediksi dan beban kapasitas fisiologi.
- b. Tahap Pelaksanaan

Tahap Pelaksanaan, meliputi tiga tahapan kerja yaitu:

- 1) Persiapan alat dan bahan untuk melakukan eksperimen penelitian, yaitu sebagai berikut: a). Responden mendengar penjelasan tentang langkah-langkah pelaksanaan eksperimen berdasarkan protocol yang telah dibuat; b). Responden diminta untuk mengisi lembar pengambilan data eksperimen dan bersedia menandatangani form keikutsertaan dalam eksperimen; c). Responden diminta untuk menggunakan *heard rate* untuk mendeteksi jantung. d). Responden akan diukur tinggi badan dan berat badan.
- 2) Pengambilan Data Eksperimen terbagi atas 2 tahap yaitu sebagai berikut:

#### Tahap 1.

Prosedur pelaksanaan pada tahap ini menggunakan protokol Keytel. Protokol ini bertujuan untuk menentukan kapasitas maksimum (kapasitas aerobik), yaitu Responden berlari di atas *treadmill* dengan kecepatan awal 6 km/jam dan dinaikan kecepatannya sebesar 0.5 km/jam setiap 30 detik

#### Tahap 2.

Pada tahap ini menggunakan protokol Ellestad. Protokol ini digunakan untuk menentukan kapasitas submaksimal berdasarkan kapasitas maksimal pada tahap 1, yaitu Responden berlari di atas *treadmill* pada kecepatan 25%, 50%, 75% dari kecepatan maksimal yang telah didapat selama 15 menit. Kecepatan dinaikkan setiap stage tanpa istirahat.

#### Tahap 3.

Pada tahap ini responden melakukan aktivitas *Manual Material Handling* (MMH), kemudian akan diambil data denyut jantung setiap 30 menit dan akan ditanyakan skala *Borg Scale*

- a. Tahap Pengolahan, yaitu untuk mencari nilai maksimum dari  $VO_2\max$  dan untuk membuat persamaan  $VO_2\max$  dengan menggunakan analisa regresi majemuk
- b. Tahap Analisis, merupakan tindak lanjut setelah pengolahan data selesai dilakukan. Tujuan dari

tahap ini adalah untuk memahami dan menganalisis hasil pengolahan data secara mendalam, terutama dalam hal menganalisis model konsumsi oksigen ( $VO_2\text{max}$ ) dan beban kerja fisiologi tenaga kerja wanita SPBU.

- a. Tahap Akhir, merupakan tahap penyelesaian laporan dan publikasi artikel ilmiah pada jurnal Nasional.

### 2.3 Variabel penelitian

Adapun variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Konsumsi oksigen merupakan variabel dependen.
2. Denyut Jantung, tinggi badan dan berat badan sebagai variabel Independent.

### 2.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Kajian kepustakaan.

Kajian kepustakaan ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data tertentu berupa hasil kajian/penelitian, Jurnal-jurnal penelitian, buku-buku ilmiah, dan artikel yang merupakan sumber ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan kapasitas aerobik maksimum, pengeluaran energi *ekspenditur* dan konsumsi oksigen.

- b. Kajian lapangan.

Kajian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung pada Sentra Usaha Pengasapan Ikan Desa Silale.. Data dan informasi yang diambil antara lain deskripsi usaha, kegiatan usaha, sejarah singkat usaha, dan cara kerja pekerja wanita di sentra pengasapan ikan. Data dan informasi yang dibutuhkan berupa data primer dan data sekunder. Jumlah pekerja wanita di sentra pengasapan ikan di Desa Silale merupakan responden dalam kajian ini. Penentuan responden dilakukan dengan menggunakan metode *judgement sampling*, yaitu memilih responden yang paling tepat sesuai dengan syarat yang dibutuhkan. Responden ditentukan berjumlah 15 orang. Menurut Hair et al (1988) bahwa jumlah sampel sebaiknya 5 kali dari banyaknya variabel independen. Adapun kriteria-kriteria responden yaitu sebagai berikut:

- Responden penelitian adalah berjenis kelamin wanita.
- Tidak memiliki riwayat penyakit kronik
- Perkerja memiliki aktivitas di bagian pengasapan ikan
- Tidak memiliki cacat fisik
- Tidak Merokok dan mengkonsumsi alkohol

Pengumpulan data primer diperoleh melalui survei lapangan dan wawancara. Survei lapangan dengan penyebaran kuesioner, yang meliputi:

1. Kuesioner untuk data profil pekerja wanita di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang ada disekitar Kota Ambon.
2. Wawancara; yaitu cara pengumpulan data yang dilakukan dengan tanya jawab berdasarkan panduan daftar pertanyaan yang diajukan kepada pekerja wanita di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang ada disekitar Kota Ambon yang berhubungan dengan masalah yang dikaji;
3. Pengamatan; yaitu suatu pengamatan secara langsung terhadap masalah yang dikaji dan penyebaran kuesioner dengan maksud untuk memperoleh keterangan-keterangan selama kajian.

### 2.5 Analisa Data

Data yang diperoleh merupakan data primer dan sekunder yang diolah dengan bantuan komputer dengan aplikasi SPSS versi 15.0 dan *Minitab* versi 15.0. Analisis data yang digunakan dalam kajian ini adalah:

1. Menganalisa model konsumsi oksigen ( $VO_2\text{max}$ )
2. Menganalisa beban kerja dari pekerja wanita di SPBU Kota Ambon
3. Menentukan perkiraan *energy expenditure* sesuai dengan aktivitas pekerjaan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) disekitar Ambon dan merekomendasikan beban kerja agar tidak melebihi kapasitas kerja manusia.

## III. HASIL

### 3.1 Data Responden

Prosedur pengambilan data pada penelitian di bagi dalam 2 tahap, yaitu tahap pembuatan model dan tahap untuk validasi model. Pengambilan data tersebut mengambil responden pekerja wanita yang berjumlah 15 orang untuk pembuatan model  $VO_2\text{max}$ . Responden yang digunakan berasal dari beberapa tenaga kerja wanita di sekitar Ambon, misalnya dari beberapa SPBU yang ada di kota Ambon. Data yang diambil pada pelaksanaan eksperimen ini adalah tinggi badan, berat badan, usia, denyut jantung, dan konsumsi oksigen dari masing-masing responden. Berikut ini adalah tabel data 15 responden untuk pembuatan model yang terdiri dari tahap 1 dan 2 serta tahap 3 untuk menentukan *energy expenditure* dari model persamaan tersebut.

#### 3.1.1 Pengolahan Data Eksperimen Tahap 1

Pada eksperimen tahap 1 dilakukan untuk menentukan nilai kapasitas aerobik maksimum, dengan menggunakan protokol *maximal test* dimana responden lari diatas *treadmill* dengan kecepatan awal 6 km/jam dan setiap 30 detik kecepatan akan

ditambah sebesar 0,5 km/jam hingga responden tidak mampu berlari lagi. Kecepatan terakhir ini akan ditetapkan sebagai kecepatan maksimal. Berikut ini adalah hasil pengumpulan data eksperimen tahap 1 yang terdapat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Data Eksperimen Tahap 1 Wanita Pekerja Industri (Penentuan  $VO_2\text{max}$ )

HRmax (denyut/menit)	$VO_2\text{max}$ (liter/menit)	$VO_2'\text{max}$ (ml/menit/kg)
194	3.92	87.11
178	3.28	65.60
224	2.34	52
187	2.37	45.58
183	2.35	47
229	1.80	31.03
204	2.99	65.00
199	2.23	40.18
243	3.07	68.22
202	2.98	58.43
208	1.53	32.21
226	1.54	41.62
202	3.11	63.47
187	1.82	37.53
190	2.82	57.6
203.7	2.5	52.8
19.028	0.698	15.578
243.0	3.9	87.1
178.0	1.5	31.0

HRmax (denyut/menit)	$VO_2\text{max}$ (liter/menit)	$VO_2'\text{max}$ (ml/menit/kg)
194	3.92	87.11
178	3.28	65.60
224	2.34	52
187	2.37	45.58
183	2.35	47
229	1.80	31.03
204	2.99	65.00
199	2.23	40.18
243	3.07	68.22
202	2.98	58.43
208	1.53	32.21
226	1.54	41.62
202	3.11	63.47
187	1.82	37.53
190	2.82	57.6
203.7	2.5	52.8
19.028	0.698	15.578
243.0	3.9	87.1
178.0	1.5	31.0

Kemudian untuk mengetahui data yang dikumpulkan berdistribusi normal atau tidak maka akan dilakukan tes uji Kolmogorov-Smirnov untuk data  $VO_2\text{max}$  dan  $VO_2\text{max}$  relatif dengan menggunakan software SPSS yang diperoleh hasil berikut:

Tabel 3.2 Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov  $VO_2$  dan  $VO_2\text{max}$

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VO2max	15	1.53	3.92	2.5433	.6979
VO2maxrelatif	15	31.0	87.1	52.8387	15.5791
Valid N (listwise)	15				

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
		VO2max	VO2maxrelatif
N		15	15
Normal Parameters a,b	Mean	2.5433	52.8387
	Std. Deviation	.69792	15.57910
Most Extreme Differences	Absolute	.134	.113
	Positive	.131	.113
	Negative	-.134	-.087
Kolmogorov-Smirnov Z		.520	.437
Asymp. Sig. (2-tailed)		.950	.991

a. Test distribution is Normal

membuat model persamaan konsumsi oksigen, dimana kecepatan maksimal yang telah didapat pada tahap 1 dijadikan acuan untuk menentukan kecepatan treadmill pada tahap 2. Responden berlari diatas *treadmill* selama 15 menit secara kontinyu tanpa istirahat dengan kecepatan 20%, 50%, dan 75% dari kecepatan maksimum yang didapat dari tahap 1. Data yang diambil pada eksperimen tahap 2 ini adalah denyut jantung,  $VO_2$  yang diambil pada menit ke-0 (awal eksperimen), detik ke-30 (tengah eksperimen), dan detik ke-60 (akhir eksperimen) pada menit terakhir tiap tahap. Data yang diambil untuk membuat model persamaan adalah rata-rata pada 1 menit terakhir setiap kecepatan. Berikut ini adalah tabel informasi mengenai pengambilan data eksperimen tahap 2 (lihat tabel 3.3 dan tabel 3.4)

Tabel 3.3 Rata-rata HR dan VO<sub>2</sub> responden pada menit

No.	Temp (°C)	Usia (thn)	Tinggi (cm)	Berat (kg)
1	21.5	21	150	45
2	22.2	21	157.5	50
3	22.8	25	157	45
4	22.2	21	153	52
5	24.1	21	159.5	50
6	22.7	24	162	58
7	23.6	23	153	46
8	23.9	23	161.3	55.5
9	25.0	21	155.5	45
10	25.2	22	157.7	51
11	25.1	21	156.5	47.5
12	23.7	24	142	37
13	23.3	22	161.5	49
14	23.1	20	156	48.5
15	25.9	20	154	49
<b>Rata2</b>	<b>23.6</b>	<b>21.9</b>	<b>155.8</b>	<b>48.6</b>
<b>St. Deviasi</b>	<b>1.127</b>	<b>1.534</b>	<b>5.116</b>	<b>4.920</b>
<b>Nilai Maks</b>	<b>25.2</b>	<b>25.0</b>	<b>162.0</b>	<b>58.0</b>
<b>Nilai Min</b>	<b>21.5</b>	<b>20.0</b>	<b>142.0</b>	<b>37.0</b>

### 3.1.2 Penurunan Persamaan Prediksi VO<sub>2</sub>

#### ❖ Pemenuhan Asumsi

##### 1). Asumsi Linieritas

Asumsi linearitas ini digunakan untuk mengetahui bahwa terdapat hubungan linear antara variabel dependen dengan variabel independen. Dengan menggunakan *software* SPSS 13.0, maka untuk melakukan uji linearitas ini dilakukan dengan menggunakan uji ANOVA. Tampilan hasil *output* SPSS untuk uji ANOVA ini ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 3.4 Rata-rata menit terakhir

	Rata-rata menit terakhir			
	Stage 1	Stage 2	Stage 3	
VO <sub>2</sub>	0.678	0.969	1.308	
HR	97	114	158	
VO <sub>2</sub>	0.845	1.074	2.041	
HR	135	150	182	
VO <sub>2</sub>	0.837	1.039	1.764	
HR	103	191	177	
VO <sub>2</sub>	0.658	0.968	1.371	
HR	123	168	164	
VO <sub>2</sub>	0.730	1.023	1.678	
HR	123	138	182	
VO <sub>2</sub>	0.836	1.101	1.645	
HR	122	141	181	
VO <sub>2</sub>	0.803	1.222	2.178	
HR	101	133	170	
VO <sub>2</sub>	0.989	1.270	1.954	
	Rata-rata menit terakhir			
	Stage 1	Stage 2	Stage 3	
HR	124	159	192	
VO <sub>2</sub>	0.847	1.159	2.019	
HR	132	151	185	
VO <sub>2</sub>	0.973	1.471	1.858	
HR	129	157	186	
VO <sub>2</sub>	0.605	0.908	1.119	
HR	131	157	197	
VO <sub>2</sub>	0.636	0.870	1.090	
HR	129	155	196	
VO <sub>2</sub>	0.945	1.186	1.978	
HR	133	145	179	
VO <sub>2</sub>	0.682	1.095	1.705	
HR	131	155	180	
VO <sub>2</sub>	0.637	1.022	1.753	
HR	117	158	197	

Tabel 3.5 Uji ANOVA

ANOVA						
Model		Sum of Squares	df	Mean Squa	F	Sig.
1	Regression	4.835	1	4.835	53.963	.000
	Residual	3.853	43	.090		
	Total	8.687	44			
2	Regression	5.195	2	2.597	31.235	.000
	Residual	3.493	42	.083		
	Total	8.687	44			

a. Predictors: (Constant), HR

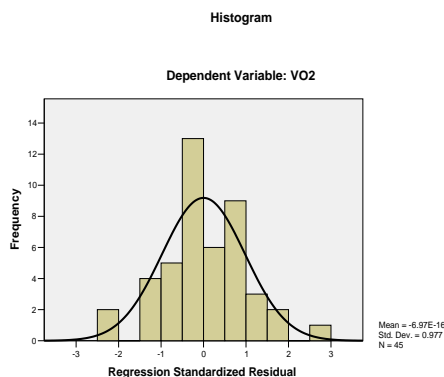
b. Predictors: (Constant), HR, TinggiBadan

c. Dependent Variable: VO2

Dari hasil di atas terlihat bahwa nilai F relatif kecil ( $<0.05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan linear yang signifikan antara variabel dependen dan variabel independen.

## 2). Uji Asumsi Normalitas

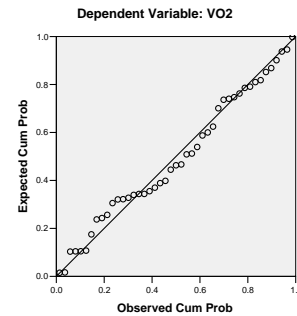
Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal (Hair et. al., 2006). Pengujian asumsi normalitas error ini dilakukan secara visual dengan menggunakan histogram dan *normal probability plot*. Hasil keduanya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Output SPSS: Histogram hasil Regresi Linear

Cara melihat grafik histogram yaitu dengan membandingkan antara data observasi dengan distribusi yang mendekati distribusi normal (Ghozali, 2005).

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Gambar 3.2 Normal Probability Plot Hasil Regresi Linear

Cara melihat *normal probability plot* adalah dengan membandingkan distribusi kumulatif dan distribusi normal. Distribusi akan membentuk satu garis lurus diagonal, dan plotting data residual normal, maka garis yang menggambarkan data sesungguhnya akan mengikuti garis diagonalnya.

Dari kedua grafik di atas, terlihat bahwa tidak terjadi penyimpangan yang signifikan terhadap plot normal. Plot normal pada histogram berupa kurva normal berwarna hitam, sedangkan plot normal pada *normal probability plot* berupa garis diagonal berwarna hitam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi normalitas error terpenuhi.

## 3). Uji Independensi Error

Independensi error dapat diuji dengan menggunakan statistik Durbin-Watson ( $d$ ). Nilai  $d$  hitung dibandingkan dengan nilai  $d$  dari tabel Durbin-Watson. Jumlah data yang diperoleh (ukuran sampel) dalam penelitian ini adalah sebanyak 48 buah ( $n=48$ ) yang diperoleh dari 16 orang responden masing-masing responden diambil 3 data. Jumlah variabel independen yang berpengaruh sebanyak 4 buah (denyut jantung, tinggi badan, berat badan, dan usia). Berdasarkan tabel Durbin-Watson, untuk ukuran sampel  $n=45$  dan  $k=4$ , diperoleh nilai  $d_l$  dan  $d_u$  masing-masing 1,34 dan 1,72.

Dari nilai  $d_l$  dan  $d_u$  diperoleh 3 daerah, yaitu:

- $d < d_l$  atau  $d > 4 - d_u$ ; terdapat auto korelasi, yakni:

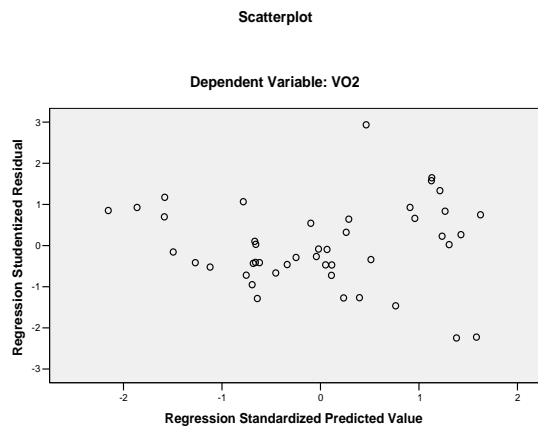
$d_u < 1,34$  atau  $d_l > 1,72$  untuk ukuran sampel  $n = 45$

- $d_l < d < d_u$  atau  $4 - d_u < d < 4 - d_l$ ; tidak dapat disimpulkan, yakni:  
 $1,34 < d < 1,72$  atau  $2,28 < d < 2,66$  untuk ukuran sampel  $n = 45$
- $d_u < d < 4 - d_u$ ; tidak terdapat autokorelasi  
 $1,72 < d < 2,28$  untuk ukuran sampel  $n = 45$

Berdasarkan Hasil Uji Durbin-Watson, bahwa nilai  $d$  hitung Durbin-Watson sebesar 1.722. Ini berarti  $1,72 < d < 2,28$ , yang artinya tidak terdapat autokorelasi *error* jika menggunakan sampel  $n = 40$  atau  $n = 50$ . Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah  $n = 48$ , sehingga dapat dikatakan juga memenuhi tidak terdapat autokorelasi *error*.

#### 4) Uji Heteroscedasticity dan Homocedasticity

Pemeriksaan asumsi *Heteroscedasticity* dan *Homocedasticity* dilakukan dengan membuat plot antara *error* terhadap nilai prediksi variabel dependen.



Gambar 3. 3 Scatterplot Hasil Regresi Linear

Dari *scatterplot* di atas, terlihat bahwa *error* yang terjadi menyebar. Titik menyebar secara acak (random) baik diatas maupun dibawah angka 0 dibawah sumbu y, hal ini dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi heteroskedastisitas. *Error* juga tidak membesar seiring dengan bertambahnya variansi, sehingga dapat disimpulkan juga bahwa tidak terdapat variansi *error* yang signifikan atau asumsi *homoscedasticity* terpenuhi (Ghozali, 2005).

#### 5) Tidak adanya multikolinearitas antar variabel independen

Multikolonieritas bertujuan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi antar variabel independen (Hair, 2006). Multikolinearitas antar variabel dapat dilihat dari nilai statistik toleransi dan VIF. Model dikatakan tidak ada multikolinieritas jika nilai VIF tidak ada yang melebihi 10 dan nilai toleransi sebuah model regresi tidak ada yang kurang dari 0.10. Hal ini juga ditegaskan kembali dari hasil korelasi antar variabel independen tidak ada korelasi yang cukup serius (Ghozali, 2005).

Tabel 3.7 Hasil Output SPSS: Tabel Coefficients

Coefficients								
		Unstanda		Stand			Collinearity	
		Coefficie	Coeffici	Beta			Toler	VIF
Moc		B	Std. B		t	Sig.		
1	(Const	-.5	.24		-2.4	.02		
	HR	.01	.00	.74	7.3	.00	1.0	1.0
2	(Const	-3.3	1.3		-2.4	.01		
	HR	.01	.00	.73	7.4	.00	.99	1.0
	TinggiB	.01	.00	.20	2.0	.04	.99	1.0

a. Dependent Variable: VO2

Pada tabel 3.7, terlihat bahwa nilai statistik  $VIF < 10$  dan toleransi  $> 0.10$ , sehingga asumsi tidak adanya multikolinearitas antar variabel independen terpenuhi.

#### 3.2 Interpretasi Hasil

Dengan menggunakan metode *stepwise*, hanya terdapat 2 variabel yang dimasukkan, yakni denyut jantung (HR) dan tinggi badan (TB), dengan nilai adjusted  $R^2$  sebesar 0.579 yang berarti variabilitas variabel independen dapat dijelaskan oleh variabilitas variabel independen sebesar 57,9% sedangkan sisanya 42.1 % dijelaskan oleh variabel lainnya yang tidak dimasukkan dalam variabel regresi. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan model cukup baik. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Variabel Independen yang Masuk Persamaan VO<sub>2</sub>max Variables Entered/Removed(a)

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	HR	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
2	TinggiBadan	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: VO<sub>2</sub>

Pada tabel 3.8 menjelaskan bahwa ada dua variabel yang akan masuk pada persamaan prediksi VO<sub>2</sub>max, yaitu variabel *heart rate* dan tinggi badan

Tabel 3.9 Hasil Output SPSS: Model Summary

Model Summary					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.746 <sup>a</sup>	.557	.546	.29932	
2	.773 <sup>b</sup>	.598	.579	.28837	1.721

a. Predictors: (Constant), HR

b. Predictors: (Constant), HR, TinggiBadan

c. Dependent Variable: VO<sub>2</sub>

Pada tabel 3.9 terlihat nilai *standard error of the estimate* (SEE) pada model 2 yang paling kecil yaitu sebesar 0,288, yang mana semakin kecil nilai SEE akan membuat model regresi semakin tepat dalam memprediksi variabel dependen (Ghozali, 2005).

Tabel 3.10 Hasil Output SPSS: ANOVA

ANOVA						
Model		Sum of Squares	df	Mean Squar	F	Sig.
1	Regression	4.835	1	4.835	53.963	.000
	Residual	3.853	43	.090		
	Total	8.687	44			
2	Regression	5.195	2	2.597	31.235	.000
	Residual	3.493	42	.083		
	Total	8.687	44			

a. Predictors: (Constant), HR

b. Predictors: (Constant), HR, TinggiBadan

c. Dependent Variable: VO<sub>2</sub>

Berdasarkan tabel 3.10, ada 2 model yang dihasilkan, model pertama konstanta prediksi yang masuk adalah *heart rate*, sedangkan model 2, konstanta prediksi yang masuk adalah *heart rate* dan tinggi badan. Sedangkan signifikansi penggunaan model terhadap data tergantung perbandingan *sum of square regression* dengan *sum of squares residual*. Dari tabel IV.10 pada tabel anova dapat dilihat dari model 2, diperoleh perbandingan *sum of square regression* terbesar dengan *sum of squares residual* terkecil dengan nilai F tabel sebesar 31.235 dengan probabilitas 0.00 atau signifikansi  $F < 0.05$ . Hal ini berarti model 2 dapat menjelaskan sebagian besar variansi variabel independen (Hair, 2006).

Pada tabel 3.11 berikut ini memberikan informasi parameter regresi linear yang akan masuk ke dalam model regresi. Model yang akan digunakan sebagai model persamaan regresi adalah model 2.

Tabel 3.11 Hasil Output SPSS: Coefficients

Coefficients								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients (Beta)	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error				Tolerance	VIF
1	(Constant)	-.59	.24		-2.4	.02		
	HR	.01	.00	.74	7.34	.00	1.00	1.00
2	(Constant)	-3.3	1.3		-2.4	.01		
	HR	.01	.00	.73	7.48	.00	.99	1.00
	TinggiBadan	.01	.00	.20	2.08	.04	.99	1.00

a. Dependent Variable: VO<sub>2</sub>

Berdasarkan tabel 3.10, maka persamaan regresi yang dihasilkan adalah:

$$VO_2 = 0.012HR + 0.018TB - 3.377$$

Dengan

VO<sub>2</sub> : konsumsi oksigen (liter/menit)

HR : denyut jantung (denyut/menit)

TB : Tinggi Badan (cm)

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Dengan mengetahui kapasitas aerobik maksimum dan persamaan prediksi konsumsi oksigen, maka dapat diestimasi beban kerja fisiologis yang direkomendasikan. Dalam hal ini beban kerja fisiologis bagi pekerja industri wanita untuk dapat bekerja 8 jam sehari adalah sekitar 33% dari kapasitas fisiologi maksimum. Maka kapasitas aerobik maksimum (VO<sub>2</sub>max) yang dihasilkan dari dari lima belas pekerja industri wanita, adalah



sebesar  $2,5 \pm 0,69$  liter/menit. Sedangkan konsumsi oksigen maksimum relatif terhadap berat badan ( $VO_2'$  max) adalah sebesar  $52,84 \pm 15,58$  ml/menit/kg.

Persamaan konsumsi oksigen yang dihasilkan dari penelitian ini menggunakan metode regresi liner majemuk, yang diperoleh hasil sebagai berikut:

$$VO_2 = 0.012HR + 0.018TB - 3.377$$

Dengan:

- $VO_2$  : Konsumsi oksigen (liter/menit)
- HR : Denyut Jantung (denyut /menit)
- TB : Tinggi Badan (cm)

Sedangkan penerapannya di Industri adalah dengan melakukan evaluasi beban kerja fisik yang dilakukan dengan memperhatikan energi yang dibutuhkan saat bekerja dan dibandingkan dengan energi ekspenditur dari pekerja. Selain itu, dapat menghitung denyut jantung maksimum secara langsung sehingga dapat menentukan kapasitas kerja maksimum selama 8 jam atau tingkat pengeluaran energi maksimum selama 8 jam dari pekerja industri wanita, sehingga tidak menimbulkan kelelahan fisik bagi pekerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Astrand, P.O. and K. Rodahl (2003), *Textbook of Work Physiology*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Bridger, R.S. 1995. *Introduction to Ergonomics (International Edition)*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Brouha, L. (1960), *Physiology in Industry*, Pergamon
- Byrne, N. M. And A. P. Hills (2002), Relationships between HR and  $VO_2$  in the Obese Med. Sci Sports Exerc. 34(9) : 1419-142v7
- Darby, Lynn A., and Roberta L. Pohlman (1999), Prediction of Max  $VO_2$  for woman : Adaptation of the Fox Cycle Ergometer Protocol, *Journal of Exercise Physiology online* 2(4)
- Grandjean, E. (1988), *Fitting the Task to the Man* (4<sup>th</sup>ed.), Taylor & Francis, Ltd., London
- Kamalakkannan, B., W. Groves, and A. Freivalds (2007), Predictive Models for Estimating Metabolic Workload based on Heart rate and Physical characteristics, *The Journal of SH&E Research* 4(1).
- Kytel, L.R., et al. (2005), Prediction of energy Expenditure from Heart Rate Monitoring during Submaximal Exercise, *Journal Of Sports Sciences* 23(3):289-297
- Kroemer, Kroemer, and Kroemer-Elbert (1994), *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*, Prentice-Hall, Inc.
- McCormick, Ernest J. 1993. *Human Factors in Engineering and Design* (7<sup>th</sup> edition). New York: McGraw-Hill.
- Pennathur, Arunkumar, A. Lopes, and L. R. Contreras (2004), Aerobic Capacity of Young Mexican American Adults, *International Journal of Industrial Ergonomics* 35 ; 91-103.
- Pulat, mustafa B. (1992). *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. USA: Waveland Press, Inc.
- Sanders, M.S. and E.J. McCormick (1993), *Human Factors in engineering and Design* (7<sup>th</sup> ed.), McGraw-Hill Book Company, New York.
- Sutalaksana, I. Z., R. Anggawisastra, J.H. Tjakraatmadja (2006), *Teknik Tata Cara Kerja*, jurusan Teknik Industri ITB, Bandung.
- Wickens, C. D, et al. (2004), *An Introduction to Human Factors Engineering* (2<sup>nd</sup>ed.), Parson Prentice Hall, New Jersey